

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-175534
 (43)Date of publication of application : 21.06.2002

(51)Int.CI. G06T 7/60
 G06T 1/00
 G08G 1/16

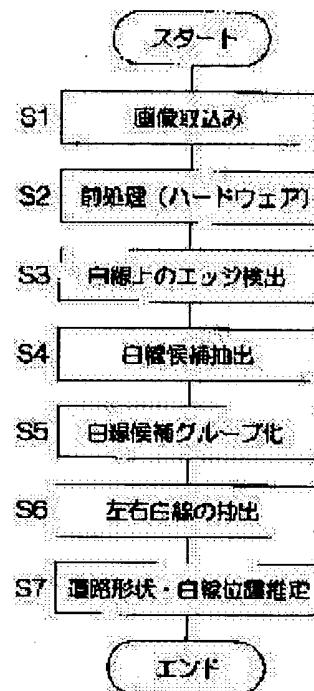
(21)Application number : 2000-371645 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD
 (22)Date of filing : 06.12.2000 (72)Inventor : TERAKUBO SATOSHI

(54) METHOD FOR DETECTING ROAD WHITE LINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To securely detect a position where a white line is actually present by algorithm which is as simple as possible and inexpensive equipment constitution.

SOLUTION: Luminance space differential values of pixels in an image photographed by an on-vehicle camera are computed and the edge of the white line is detected according to the positions having the extreme values thereof, and pixels having close luminance values of the detected edge are selected as white candidates 1 and 2, which are grouped according to their position relation to detect the white line. Consequently, the pixel positions where the luminance space differential values (difference between adjacent luminance values) show the extreme values, are adopted, thus the edge can stably be detected without being affected by luminance values and contrast. A part which varies in luminance owing to a shadow, a blur, etc., is not forcibly detected together, but detected as a white line candidate having become narrow to break and then integrated according to the position relation (direction and position) among white line candidates, and thus the white line can be detected without being affected by disturbance even if the white line is a broken line or a blurred line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.08.2001
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-175534

(P2002-175534A)

(43)公開日 平成14年6月21日(2002.6.21)

(51)Int.C1.⁷ 識別記号
G 0 6 T 7/60 2 0 0
1/00 3 3 0
G 0 8 G 1/16

F I テーマコード(参考)
G 0 6 T 7/60 2 0 0 J 5B057
1/00 3 3 0 A 5H180
G 0 8 G 1/16 C 5L096

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2000-371645(P2000-371645)

(22)出願日 平成12年12月6日(2000.12.6)

(71)出願人 000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(72)発明者 寺久保 敏
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気
工業株式会社大阪製作所内
(74)代理人 100075155
弁理士 亀井 弘勝 (外2名)
F ターム(参考) 5B057 AA16 CH08 DA06 DB02 DC13
DC16
5H180 AA01 CC04 LL01 LL02 LL04
5L096 AA03 AA06 BA04 CA04 EA03
EA06 FA03 FA24 FA32 FA33
FA73 FA76 GA02

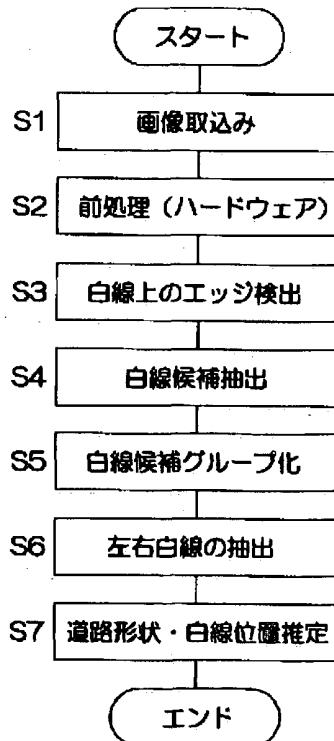
(54)【発明の名称】道路の白線検出方法

(57)【要約】

【課題】可能な限りシンプルなアルゴリズムと、安価な機器構成とにより、白線が実際に存在する位置を確実に検出する。

【解決手段】車載カメラで撮影された画像中の画素の輝度空間微分値を算出し、その極値を示す位置に基づいて、白線のエッジを抽出し、検出されたエッジの輝度値が近いものを白線候補1, 2としてまとめ、前記まとめられた白線候補1, 2を、それらの位置関係に基づいてグループ化することにより、白線を検出する。

【効果】輝度空間微分値(隣接輝度値の差分)が極値を示している画素位置を採用するので、輝度値やコントラストに左右されずに、安定的にエッジが検出できるようになる。影やかすれ等の影響で輝度が異なってしまった部分を無理に一緒に検出せずに、細切れの白線候補として検出し、それら白線候補の位置関係(方向や位置)に基づいて統合するため、外乱の影響を受けずに、破線やかすれた白線でも白線検出が行える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】車載カメラで撮影された画像中の画素の輝度空間微分値を算出し、その極値を示す位置に基づいて、白線のエッジを抽出し、検出されたエッジの輝度値が近いものを白線候補としてまとめ、前記まとめられた白線候補を、それらの位置関係に基づいてグループ化し、左右別々に、1本の白線を検出することを特徴とする道路の白線検出方法。

【請求項2】極値を求めるとき、輝度空間微分値の平均値と標準偏差とを利用して、エッジ抽出範囲を決定することを特徴とする請求項1記載の道路の白線検出方法。

【請求項3】白線をグループ化するときの基準として、白線候補間の横ずれ方向、結合角度を使用することを特徴とする請求項1記載の道路の白線検出方法。

【請求項4】左右別々に1本の白線を検出する手順は、Hough変換パラメータをもとに、時間的に連続する前後の画像間で統合グループの位置類似度を求め、類似度の大きい白線グループを選択することを特徴とする請求項1記載の道路の白線検出方法。

【請求項5】左右白線候補となる線を求める画像上の範囲の中央に、オーバーラップ領域を設定したことを特徴とする請求項1記載の道路の白線検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車載カメラで撮影された前方映像を解析し、道路の走行車線の境界線（白い線、黄色い線、実線、破線など種々のものが存在するが、本明細書では一括して「白線」という）を認識するための道路の白線検出方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車への運転支援システムを実現するにあたり、画像による道路環境認識に期待が寄せられている。道路環境認識の一つとして、走行車線の白線自動認識があり、その手法が各種開発されている。大池「モデルベースの認識手法による道路白線認識」（信学技報PRMU99-211（2000年1月））では、2値化処理を必要としないストリングモデルを利用した白線認識を提案している。

【0003】二宮、高橋、太田「高速パターン照合手法とレーン検出への応用」（第3回次世代走路表示／認識技術研究会資料、認研3-4-1, 1999年11月）では、テンプレートを当てはめることにより、道路構造照合を行う手法を提案している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前者の「モデルベースの……」は、2値化が不要でハードウェアがシンプルとなるものの、連続の動的輪郭モデルを利用しているた

め、実線・破線の区別ができず、モデルが2本でそれ左右白線に収束するよう定義されており、白線をまたぐような想定をしていないため、車線変更に対応できない、という問題がある。

【0005】後者の「高速パターン照合手法……」は、白線のかすれや悪天候に強く、計算コストも低いが、多くの道路形状テンプレートを持っておく必要があり、膨大なメモリを必要とするという難点がある。そこで、本発明は、可能な限りシンプルなアルゴリズムと、安価な機器構成とにより実現でき、白線が実際に存在する位置を確実に検出でき、将来の高度な車両制御にも応用できる道路の白線検出方法を実現することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の道路の白線検出方法は、車載カメラで撮影された画像中の画素の輝度空間微分値を算出し、その極値を示す位置に基づいて、白線のエッジを抽出し、検出されたエッジの輝度値が近いものを白線候補としてまとめ、前記まとめられた白線候補を、それらの位置関係に基づいて基づいてグループ化し、左右別々に、1本の白線を検出する方法である（請求項1）。

【0007】前記の方法によれば、エッジの検出には、一般的に利用されている2値化手法を用いずに、輝度空間微分値（隣接輝度値の差分）が極値を示している画素位置を採用するので、輝度値やコントラストに左右されずに、安定的にエッジが検出できるようになる。そして、検出されたエッジの輝度値が近いものを白線候補としてまとめることにより、影やかすれ等の影響で輝度が異なってしまった部分を無理に一緒に検出せずに、細切れの白線候補として検出する。

【0008】さらに、それら白線候補の位置関係（方向や位置）に基づいて統合するため、外乱の影響を受けずに、破線やかすれた白線でも白線検出が行える。特に、テンプレートに当てはめて白線検出する手法と異なり、実際の白線位置をもとにして検出するので、白線位置の認識が正しくできる。最後に、左右別々に1本ずつ白線を抽出する。極値を求めるとき、輝度空間微分値の平均値と標準偏差とを利用して、エッジ抽出範囲を決定することが好ましい（請求項2）。

【0009】これにより、エッジ抽出範囲を固定しておくのではなく、画像ごとに動的に決められるため、主に路面上に存在する外乱（路面のしみ、轍）等の影響を極力排除することができる。また、明るさの変化に強く（ロバストに）なる。白線候補をグループ化するときの基準として、白線候補間の横ずれ方向、結合角度を使用することが好ましい（請求項3）。白線の路面に描かれた形状特徴（画像平面での情報）を利用して統合するので、路面や背景の外乱の影響を受けにくい。

【0010】左右別々に1本の白線を検出する手順は、Hough変換パラメータをもとに、時間的に連続する前後

の画像間で統合グループの位置類似度を求め、類似度の大きい白線グループを1本抽出することが好ましい（請求項4）。これにより、1本の連続した白線を決定することができる。なお類似度が小さければ、白線を見失ったと判断することができる。また、Hough変換パラメータを採用したので、白線の見え方によらずに、単純な同一評価式が利用でき、パラメータ感度の一様性が確保できる。（例えば、一次式 $y=ax+b$ のa及びbをパラメータとして採用すれば、 $a=\infty$ 付近と、 $a=0$ 付近ではパラメータの重みをかえないといけない。）左右白線候補となる線を求める画像上の範囲の中央に、オーバーラップ領域を設定することが好ましい（請求項5）。

【0011】これにより、車線変更のときに左白線から右白線への移行、あるいはその逆の移行がスムーズにできる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

1. 画像データの定義（図1参照）

車載カメラで撮影された画像の座標系を、左上を原点 $(0, 0)$ 、右方向にx軸、下方向にy軸をとる。画像サイズは、横（x方向）640画素、縦（y方向）480画素である。

【0013】画素値は、8ビット、0から255までの256段階で表す。0が黒、255が白となる。位置 (x, y) の画素値を $Im[y][x]$ と記述する。図2は、白線検出処理を示す全体フローチャートである。この処理は、1枚の画像の取り込みごとに行う。画像の取り込みは、毎秒30枚行う（ステップS1）。以下、各ステップを分説する。

2. 前処理

2. 1 縮小

x方向y方向ともに、1画素おきにサンプリングする。これにより処理量が減り、処理時間を短縮することができる。

【0014】2. 2 スムージング

画像全体にわたり、画素値と下記オペレータとを畳み込むことにより、スムージングをする。

【0015】

【数1】

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} / 16$$

【0016】3. エッジ検出

白線が存在する範囲を、画面の下半分の領域に限定する。以下の処理は、画面の下半分の領域に対してのみ実行する。

3. 1 画素エッジ強度を計算

空間微分（差分）をもとに、位置 (x, y) のエッジ強度(Intensity)を下記の通り定義し、これを用いてエッジ検出を行う。

$$【0017】\text{エッジ強度} = (Im[y][x+3] + Im[y][x+2] - Im[y][x-2] - Im[y][x-3]) / 10$$

エッジ強度を表す空間を「エッジ空間」という。なお、この式は、一次元Prewitt型空間微分 $(-1 \ 0 \ 1)$ の注目点周辺5画素分の平均値をとったものと等価な式となっている。

10 3. 2 エッジ検出

エッジ空間上で、極値を示す画素を選択することにより、エッジを検出する。選択されたエッジは、各々の符号付き値を持ち、これに基づいて、以後の処理でグループ分けされる（後述）。

【0018】ただし、路面ノイズなどの影響を排除するため、極値探索対象範囲を限定できるように工夫している。具体的には、画面下判断のエッジ強度の平均値と、標準偏差を計算し、下記範囲の外を極値探索対象範囲としている。

20 上限：エッジ強度の平均値 + 1.5 × 標準偏差

下限：エッジ強度の平均値 - 1.5 × 標準偏差

エッジ空間上のエッジ強度分布が正規分布に従うとすると、前記範囲には、全画素の約86.6%が含まれ、結果として、上部の極値探索対象範囲と下部の極値探索対象範囲に含まれる、それぞれ約6.7%の画素から、極値となる画素を抽出することになる。これにより、処理のスピードアップを図れる。

【0019】4. 白線候補の抽出

前項で抽出されたエッジを下記の手順に従いグループ分けして白線候補（ひと塊の白線の部分）を抽出する。

（1）画像最下段のエッジを白線候補の始点G0として登録する。

（2）白線候補始点G0の近傍画素であって、白線候補始点G0の強度と類似する

強度のエッジを新たな白線候補Gとして登録する。以下、この処理を繰り返す。このようにして、白線候補始点G0及びこれに関連して登録された白線候補Gにより、白線候補を構成する。

40 【0020】近傍画素は、最大3段上までのラインから探索する。3ラインを超えたときは、別の白線始点として登録する。横方向の探索範囲は、（探索ラインまでの距離）×（±3画素）とする。例えば、1ライン上にエッジがなく、2ライン目を探索する場合、±6画素を探索する。式で書くと、 (x, y) 位置を基準として、2ライン上なら、 $(x-6, y-2)$ から $(x+6, y-2)$ までを探索する。

【0021】前記強度の類似判定は、白線候補始点G0のエッジ強度の±50%以内かどうかで行う。

5. 白線候補のグループ化

前項で抽出された白線候補を、下記の手順に従いグループ化する。

(1)構成画素数が一定以上の白線候補について、左側白線、右側白線の選別をする。なお、左右白線の存在位置が入れ替わる車線変更時でも極力追従できるよう、左右白線の探索領域はオーバーラップさせている。

【0022】具体的には、白線候補の構成画素数の下限は3とする。白線候補始点G0のx座標が $160 + \alpha$ 以下、かつ、エッジ強度が負であれば、左側白線の右端と判断し、白線候補始点G0のx座標が $161 - \alpha$ 以上、かつ、エッジ強度が正であれば、右側白線の左端と判断する。ここで、「160」という座標は、x方向の縮小後の画像サイズが $640 / 2 = 320$ 画素あるという前提で、半分の位置に設定している。

【0023】 α は、オーバーラップを考慮したもので、x方向の画像サイズの約10%（32画素）としている。

(2)下(y座標の大きいもの)から順に、白線候補をグループ化していく。その条件は、(a)下にある基準となる白線候補を延ばした直線と、検査対象となっている白線候補の始点との関係が結合範囲にあること、(b)両直線の傾きの差 θ が所定角度範囲以内であること、である。

【0024】前記「結合範囲」とは、図3(a)に示すように、検査対象となっている白線候補2の始点G0から水平方向に引いた線分Lと、下にある基準となる白線候補を延ばした直線とが交わる点をPとすると、長さG0Pが、土所定数の画素の範囲とする。ただし、PがG0より右側にあるときは正、PがG0より左側にあるときは負とする。図3(a)では所定数を10としている。前記「所定角度範囲」とは、図3(b)に示すように、前記点Pが、始点G0の右にある場合、 $-5^\circ \sim +20^\circ$ とし、図3(c)に示すように、左にある場合は、 $-20^\circ \sim +5^\circ$ とする。

【0025】6. 三次元座標変換

画面を下記の式を用いて、白線グループの始点G0を実空間座標に3次元座標変換する。

$$Z \text{ (車両進行方向距離)} = \text{Dividend}(\eta, \sin\psi, \cos\psi) / \text{Divider}(\eta, \sin\psi, \cos\psi)$$

$$X \text{ (車両横方向距離)} = \text{Conv2X}(\xi, Z)$$

$$\text{Conv2X}(\xi, Z) = (\xi / F) [(Z \cos\psi) + (H \sin\psi)]$$

$$\text{Divider}(\eta, \sin\psi, \cos\psi) = \sin\psi - (\eta / F) \cos\psi$$

$$\text{Dividend}(\eta, \sin\psi, \cos\psi) = H [\cos\psi + (\eta / F) \sin\psi]$$

H: カメラの設置高さ (m)

F: レンズ焦点距離 (m)

ψ : カメラ光軸の俯角 (r a d)

ξ, η は、撮像面中心(原点)からの距離 (m) を表す (y軸は上方が正、x軸は右向きが正)。

【0026】図4は、3次元座標変換前後の画像を示す図であり、(a)はカメラで撮像したエッジ画像を示す

図、(b)は3次元座標変換後の画像を示す図である。

7. 最も信頼性の高い左右白線の抽出

グループ化された白線候補の中から、左右白線を1本ずつ抽出する。図5は、実空間における複数の白線グループを示す図である。図6は、本項の手順を説明するためのフローチャートである。

【0027】(1)3次元座標変換した場合の白線候補始点G0が、横方向±4m以内、前方30m以内(図5の太線枠参照)にあるもののうち、3次元座標変換した場合の白線候補の長さL1, L2, ……が最大のものを抽出する(ステップS66)。

(2)3次元座標変換前の画面について、構成画素数が一定数(例えば5とする)以上の白線候補を選択して、ハフ(Hough)変換パラメータを算出する(ステップS67)。

【0028】ここでハフ変換とは、x y直交座標系で表した直線

$$x \cos\theta + y \sin\theta = r$$

を(r, θ)平面に変換することをいう。極座標の原点は、左側白線候補の場合図7(a)に示すように画面の左上とし、右側白線候補の場合図7(b)に示すように画面の右上とする。ハフ変換パラメータを r, θ とする。点線は前回撮影した画面から抽出した白線、実線は今回撮影した画面から抽出した白線であり、図7では、取得時刻の異なる2つの白線を同時に描いている。

【0029】(3)ハフ変換パラメータをもとにして、前回検出した白線候補との類似度を求め、類似度が最も高いものを今回の白線候補として左右別々に抽出する(ステップS62)。

30 類似度を判断するのに、判定値

$$100 |\theta_0 - \theta_1| + |r_0 - r_1|$$

を採用する。 r_0, θ_0 は前回の白線候補のハフ変換パラメータであり、 r_1, θ_1 は今回の白線候補のハフ変換パラメータである。「100」は重み係数(一定とする)である。この判定値が小さい方が類似度が高い。

【0030】前記判定値が30を超えた場合は、白線位置を見失ったと判断する(ステップS63のNO)。このときは、ステップS66に飛び、改めて(1)の方式で最適候補を探索し直す。なお、図6で白線位置を見失ったときには、ステップS66に進まず、ハフ変換パラメータを捨てて、次のサイクルでステップS66からスタートしてもよい。

【0031】このようにして抽出された左右白線の、ハフ変換パラメータを更新し(ステップS64)、左右白線を特定する(ステップS65)。

8. 道路形状・白線位置推定

以下は、白線位置情報をデータ化する手順である。図8を参照しながら説明する。

(1)左右白線を表す各々の左右白線を円とみなしてその中心及び半径Rを計算する。

【0032】(2)左右白線位置の推定

左右白線の手前側の2点の座標を直線的に延ばし、カメラ直下の左右白線位置Sを推定する。

【0033】

【発明の効果】以上のように本発明の道路の白線検出方法によれば、可能な限りシンプルなアルゴリズムと、安価な機器構成で、白線が実際に存在する位置を確実に検出できる。したがって、将来の高度な車両走行制御に最適な道路の白線検出方法とすることができます。

【図面の簡単な説明】

10

【図1】画像データの定義図である。

【図2】白線検出処理を示す全体フローチャートである。

【図3】白線候補の統合条件を説明するための図であり、(a)は、下にある基準となる白線候補と検査対象となっている白線候補との位置関係を示す図、(b)及び(c)は、両直線の角度関係を示す図である。

【図4】3次元座標変換前後の画像を示す図であり、(a)はカメラで撮像したエッジ画像を示す図、(b)は3次元座標変換後の画像を示す図である。

【図5】3次元座標変換した場合の白線候補の初期値を抽出する枠を示す図である。

【図6】左右白線を1本ずつ抽出する手順を説明するためのフローチャートである。

【図7】ハフ変換パラメータ r , θ を解説するための図であり、(a)は左側白線候補の場合、(b)は右側白線候補の場合を示す。

【図8】白線位置情報をデータ化する手順を示す図である。

【符号の説明】

S カメラ直下の左右白線位置

R 左右白線の半径

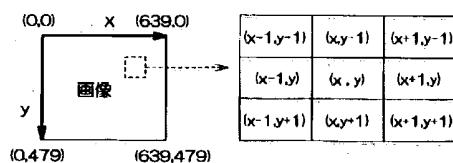
 r , θ ハフ変換パラメータ

L1, L2 3次元座標変換した場合の白線候補の長さ

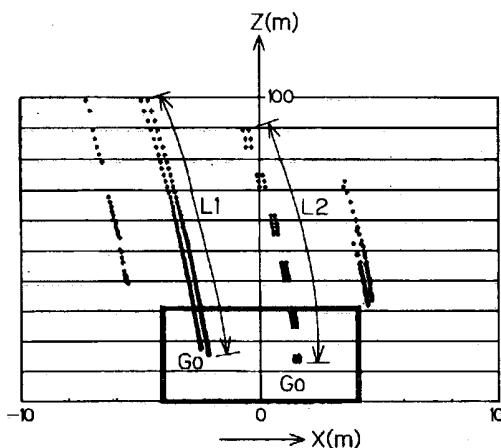
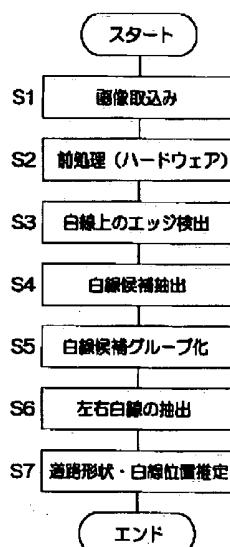
【図1】

【図2】

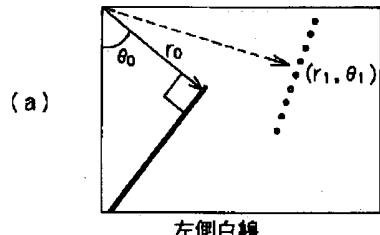
【図5】



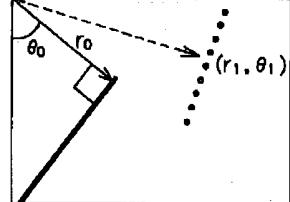
【図7】



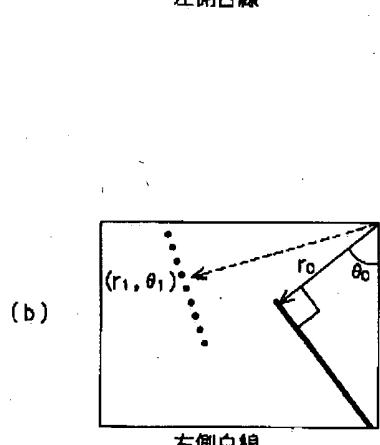
【図8】



(a)

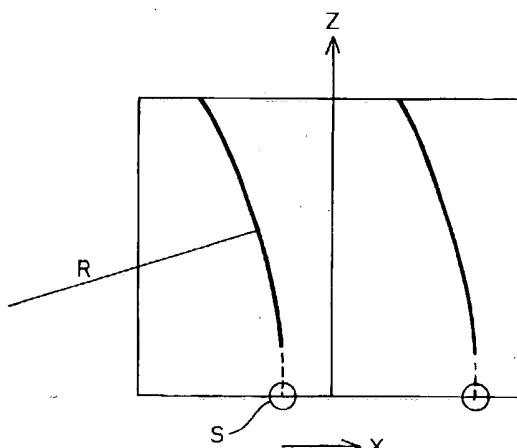


左側白線

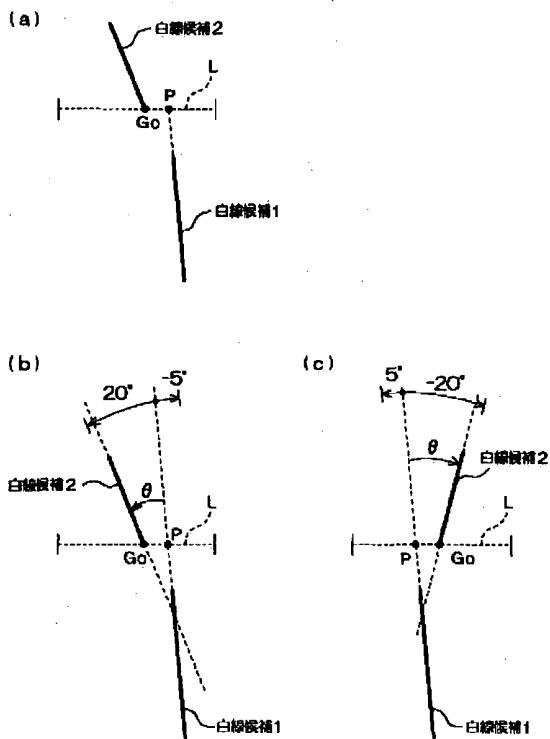


(b)

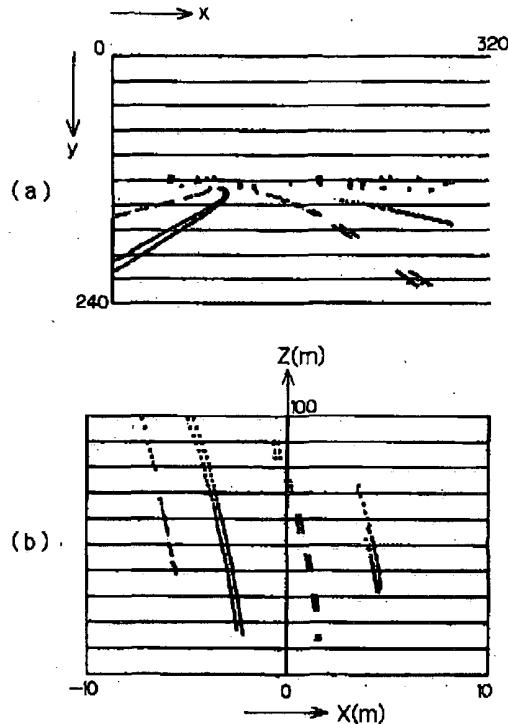
右側白線



【図3】



【図4】



【図6】

